جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهاردهم، تابستان ۱۳۹٤

صص ۱٤۷-۱۳۷

شبیه سازی اثر خشک شدن دریاچه ارومیه بر بارش منطقه شمال غرب ایران

لیلا گلزاری پرتو[1] ـ کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۳/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۲/۹

چکیده

با توجه به اهمیت دریاچه ارومیه در آب و هوای منطقه شمال غرب ایران، در پژوهش حاضر با به کارگیری یک مدل دینامیکی و انجام شبیه سازی، اثر خشک شدن دریاچه ارومیه در پارامتر اقلیمی بارش، مورد بررسی قرار گرفت. جهت شبیه سازی نقش دریاچه، مدل مقیاس منطقه ای RegCM 4.3با مدل دریاچه جفت گردیده است. داده های شرایط مرزی ثانویه از داده های دوباره تحلیل شده مرکز ملی پیش بینی های محیطی/ مرکز ملی پژوهش‌های جوی (NCEP/NCAR) و با قدرت تفکیک افقی ۲,۵ درجه برای یک دوره ۳ ساله ۲۰۰۳-۲۰۰۱ اخذ گردید. مدل با قدرت تفکیک ۱۰ کیلومتر در شرایط کنترل (وجود دریاچه ارومیه) و شرایط حذف دریاچه ارومیه، با طرحواره بارش همرفتی گرل اجرا گردید. داده های خروجی مدل در مقیاس فصلی و سالانه مورد پردازش قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه بارش در نیمه شر+قی دریاچه و بخصوص استان آذربایجان شرقی کاهش می یابد.

کلیدواژه‌ها: دریاچه ارومیه، طرحواره گرل، شبیه سازی دینامیکی، مدلRegCM 4.3 ، بارش.

۱. مقدمه

دریاچه ارومیه بین دو استان آذربایجان شرقی و غربی ودر مختصات جغرافیایی′۵ °۳۷ تا′۱۵ °۳۸عرض شمالی و ′۵-° ٤۵ تا ° ٤٦ طول شرقی قرار گرفته است. این دریاچه که بزرگ‌ترین آبگیر آسیای غربی به شمار می‌رود، بیستمین دریاچه جهان و دومین دریاچه فوق اشباع نمک در دنیا محسوب می‌شود. وسعت این دریاچه به طور میانگین ۵۲۰۰۰ کیلومتر مربع و حداکثر عمق آب آن حدود ۲۰ متر است. حوضه آبریز دریاچه ارومیه حدود ۳ در صد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد(پروین، ۱۳۸۰). در سال‌های اخیر با توجه به افزایش دما، تغییرات زیاد بارش و همچنین وقوع خشکسالی در سطح حوضه، تراز آب دریاچه دچار تغییرات زیادی شده است. کارشناسان، عوامل انسانی به ویژه ساخت بی رویه سدها را در کاهش بخشی از حجم آب دریاچه تأثیر گذار دانسته و معتقدند ساخت سدها، جریان سیلاب‌ها را کنترل کرده و آب تنظیم شده مورد بهره برداری قرار گرفته و وارد دریاچه نمی‌شود.

---

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۶۷۳۰٤۲۰ Email : Leilagolzari90@yahoo.com

در سال‌های اخیر آنچه که به عنوان عامل اصلی باعث بحران آب در منطقه شمال غرب ایران شده است به عوامل اقلیمی نسبت داده می‌شود. برخی مطالعات انجام شده، عامل اقلیم را حدود ٦٠ الی ٦٥ درصد مسبب بحران زیست محیطی دریاچه قلمداد می‌کنند. در سال‌های اخیر با توجه به افزایش دما، تغییرات زیاد بارش و همچنین وقوع خشکسالی در سطح حوضه، تراز آب دریاچه ارومیه دچار تغییرات زیادی شده است. کارشناسان، عوامل انسانی به ویژه ساخت بی رویه سدها را در کاهش بخشی از حجم آب دریاچه تأثیر گذار دانسته و معتقدند ساخت سدها، جریان سیلاب‌ها را کنترل کرده و آب تنظیم شده مورد بهره برداری قرار گرفته و وارد دریاچه نمی‌شود (چرب گو و همکاران، ۱۳۸۸: ۸). آخرین تصاویر ماهواره ای موجود از دریاچه ارومیه مربوط به سال ۲۰۱۱ وسعت دریاچه ارومیه را ۲۳۰۰ متر مربع تخمین زده است. بررسی نقش محلی دریاچه‌ها در وقوع بارش‌های منطقه مورد توجه پژوهشگران علوم جو بوده است. زیرا این دریاچه‌ها در تعدیل توده های هوا و ریزش‌های جوی پیرامون خود در مقیاس محلی و منطقه ای مهم هستند. برخی از این دریاچه‌ها حتی در سردترین ماه سال نیز یخ نمی‌زنند و یک منبع گرما و رطوبت برای جو منطقه پیرامون خود هستند. در مورد دریاچه ها در سطح جهان کارهایی انجام شده است. از جمله مطالعات الگاندی وگئورگی [1](۲۰۰۳) با استفاده ازمدل اقلیمی RegCM برای دوره ۱۹۹۰-۱۹٤۸ واکنش سطح دریاچه خزر را به تغییرات اقلیمی شبیه سازی کردند. آنها ارتفاع سطح دریاچه خزر را با استفاده از یک مدل هیدرولوژی پیش بینی کردند. این مطالعه در شبیه سازی تغییرات بارندگی و دمای دریای خزر در مقیاس بین سالی نتایج مطلوبی را نشان داده است و عملکرد مدل در شبیه سازی تغییرات ارتفاع سطح دریاچه برای چند دهه مناسب بوده است. با توجه به شرایط نامطلوب دریاچه ارومیه مطالعاتی بر روی این دریاچه انجام شده است که جمله آن میتوان به مطالعات (زاهدی قره آغاج و همکاران ،۱۳۸٦: ۱۰) اشاره کرد که مدعی هستند وقوع پدیده خشکسالی یکی از واقعیت‌های مهم ایستگاه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد که می‌توان علت اصلی آن را در نوسان‌های دوره ای اقلیم و عدم عبور توده هوای مرطوب و باران آور خصوصاً توده هوای مرطوب مدیترانه دانست. (پروین، ۱۳۸۹: ۱٤) نیز به نتایجی در مورد دما و بارش منطقه رسیده، از جمله اینکه طی نیم قرن اخیر، بارش‌های سالانه شرق و شمال منطقه مورد مطالعه در اوایل قرن ۲۱ تغییرات ناگهانی و جهش معنی داری پیدا کرده است. اما بارش‌های سالانه بخش غرب (ارومیه) و جنوب (سقز) منطقه بدون تغییر ناگهانی بوده و همچنان روند طبیعی خود را طی می‌کند. در بررسی دما شمال و جنوب دریاچه ارومیه بدون جهش و تغییر معنی داری روند طبیعی متوسط دمای حداقل را تجربه کرده است. اما این وضعیت برای غرب و شرق منطقه کاملاً متفاوت بوده است. به طوریکه، در غرب منطقه (ارومیه) یک تغییر ناگهانی در سال ۱۹۹۳ اتفاق افتاده و روند آن منفی می‌باشد. اما در شرق منطقه (تبریز) چندین جهش معنی دار با حاکمیت روند مثبت به ویژه در سال‌های ۱۹۹٦ با شیب زیادی افزایش متوسط دمای ۲۰۰۱ و ۲۰۰۵ را نشان می دهد. در تحقیقی دیگر حسن زاده اذعان میدارد نوسان سطح آب دریاچه متأثر از نوسانان غیر عادی سایر دریاها و

1 Elguindi and Giorgi

اقیانوس‌های جهان است. که علت آنرا دانشمندان و محققین، سوراخ شدن لایه اوزون و افزایش پدیده گلخانه ای در کره زمین و نوسان‌های پریودیک معرفی کرده‌اند. ایشان خاطر نشان می‌کند که از دیگر عوامل مسبب نوسان آب دریاچه حفر چاه و استفاده بی رویه از آب‌های زیر زمینی و در نتیجه نفوذ جبهه آب شور دریاچه به طرف چاه‌ها می‌باشد. (فربوتر و حسن زاده به نقل از حسن زاده ، ۱۳۸۵: ۷). در بررسی جدید تری نیز (دلجو و همکاران،۲۰۱۲: ۱۸) از افزایش میانگین حداکثر دما (۰/۸ درجه سلسیوس) و کاهش میانگین بارندگی (۹/۲٪) شدیدتر و طولانی‌تر از ٤ دهه قبل خبر می دهند و این تغییر اقلیم باعث کاهش تولیدات کشاورزی، فرصت‌های شغلی، درآمدها و در نهایت مهاجرت خواهد شد. با توجه به مطالعات انجام شده میتوان اذعان کرد بارش شمال غرب روند کاهشی را طی می کند در این زمینه (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۸۷: ١٦) مطالعه ای از روند بارشی سالهای قبل انجام داده که در آن به بررسی روند بارش در دوره‌ی آماری ۲۰۰۳–۱۹۵۱ در کشور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته داده است، نتایج این بررسی حاکی از آن است که مجموع بارش سالانه و فصلی در منطقه شمال غرب ایران رو به کاهش است هم چنین نشان دادند، کاهش شدید بارش در چهار فصل سال در مناطق شمال غرب ایران به ویژه در زمستان عامل اصلی در کاهش بارش در مقیاس سالانه در این مدت بوده است. با توجه به اهمیت وضرورت مطالعه شرایط بحرانی دریاچه، در این پژوهش سعی بر آن است تا به بررسی شبیه سازی اثرات خشک شدن دریاچه ارومیه با استفاده از مدل مقیاس منطقه ای RegCM4.3 در سطح منطقه ای پرداخته شود. این تحقیق به دنبال پاسخگویی به این سوال است که در صورت خشک شدن دریاچه ارومیه بارش در کدام منطقه از استان بیشترین تغییر را خواهد کرد.

۲. منطقه مورد مطالعه

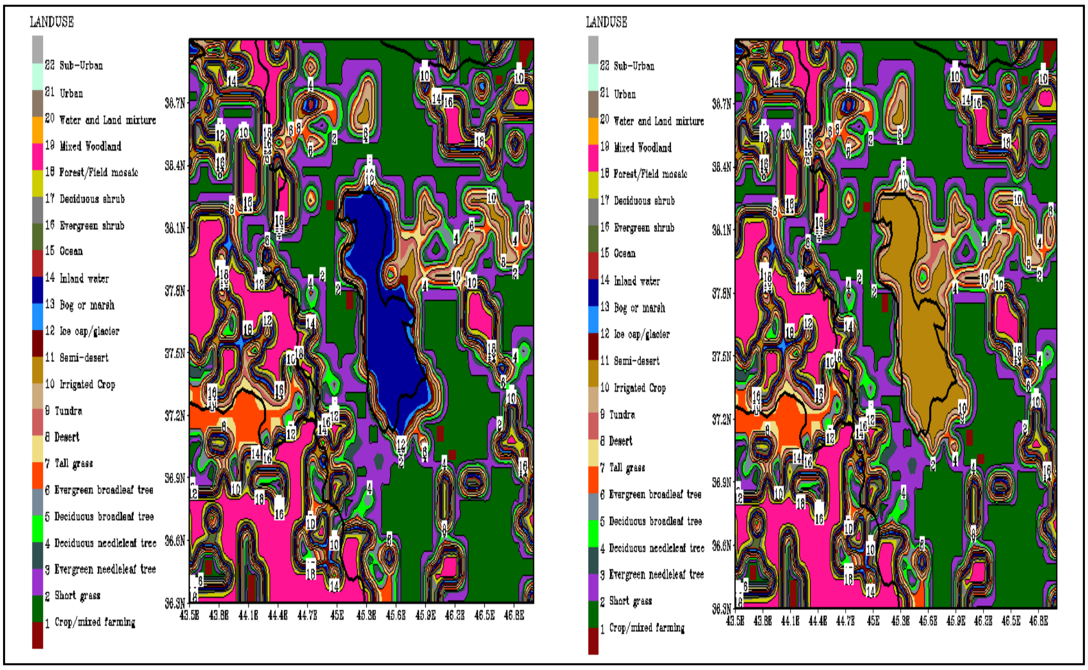
دریاچه ارومیه با مساحتی حدود ۵ هزار و ۸۲۲ کیلومترمربع بزرگ‌ترین دریاچه کشور پس از دریاچه خزر است و بیستمین دریاچه جهان از لحاظ وسعت محسوب می گرد که بین استان‌های آذربایجان غربی و شرقی قرار گرفته است. دریاچه ارومیه که بزرگ‌ترین آبگیر آسیای غربی به شمار می‌رود، دومین دریاچه فوق اشباع نمک در دنیا محسوب می‌شود. سطح معمول دریاچه نسبت به سطح آب در دریاهای آزاد–۱۳۰۰ متر بالاتر قرار دارد. طول دریاچه از ۱۳۰ تا ١٤٦ کیلومتر متغیر بوده و عرض دریاچه در پهن‌ترین قسمت ۵۸ کیلومتر و در کم عرض ترین قسمت آن که در محلی بین کوه زنبیل و جزیره اسلامی واقع شده است ۱۵ کیلومتر مربع می‌باشد (کریمی ، ۱۳۸۸)

حجم تقریبی آن ۱۳ میلیارد متر مکعب می‌باشد که با دارا بودن ۲۰۱ جزیره کوچک و بزرگ به عنوان یکی از ۹۵ پارک بین‌المللی ذخایر طبیعی جهان و جزو تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر معرفی شده و به ثبت رسیده است. میزان بارندگی در تغییرات سطح آب دریاچه بسیار تأثیر گذار است. میانگین تراز آب ۱۳۷۸ متر است که با تغییر سالانه تا یک متر و گاه بیش از آن نیز اتفاق می‌افتد. متوسط عمق دریاچه حدود ٦ متر است.حداکثر مساحت دریاچه در ماه های اردیبهشت و خرداد به دلیل ذوب کامل برف کوه های پیرامون آن و افزایش ورودی آبهای ناشی

از آن است و حداقل گسترش آن در ماه‌های مهر و آبان می‌باشد که جریان آب رودها به حداقل و تبخیر دریاچه به حداکثر خود می‌رسد.

۳. مواد و روشها

به منظور شبیه سازی، مدل **RegCM** با مدل دریاچه جفت شد و با قدرت تفکیک ۱۰ کیلومتر برای دوره سه ساله(۲۰۰۳-۲۰۰۱) اجرا شد. برای ورودی اولیه به مدل از داده های رقومی استفاده گردید. داده‌های شرایط مرزی ثانویه از داده های دوباره تحلیل شده با تفکیک افقی ۲/۵ درجه از مراکز پیش بینی محیطی / مرکز ملی پژوهش‌های جوی **(NCEP/NCAR)**تهیه شد. این داده ها با گام زمانی شش ساعته شامل ارتفاع ژئوپتانسیل، مولفه های مداری **(u)** و نصف‌النهاری باد**(v)** ، دما، رطوبت نسبی و فشار سطحی و سرعت قائم می‌باشد. داده های شرایط اولیه شامل داده های دمای سطح دریا در مقیاس زمانی هفتگی با تفکیک مکانی افقی ۱ درجه می باشد که از مدکز نواآ اخذ شد. داده های ویژگی های سطح زمین شامل داده های توپوگرافی سازمان نقشه برداری ایالات متحد با تفکیک افقی ۳۰ ثانیه و داده های پوشش سطح زمین **(land cover)** و رطوبت و بافت خاک با تفکیک مکانی ۳۰ ثانیه جغرافیایی می باشد. به منظور بررسی اثر دریاچه ارومیه بر بارش منطقه شمال غرب، مدل جفت شده با دریاچه یک بار با در نظرگرفتن شرایط واقعی و بار دیگر با تغییر دادن پوشش سطحی دریاچه ارومیه به زمین نیمه بیابانی و شوره زار اجرا گردید. شکل ۱ و ۲ به ترتیب پوشش سطح زمین به کار گرفته در مدل را برای شرایط مرجع و در صورت خشک شدن دریاچه نشان میدهد.



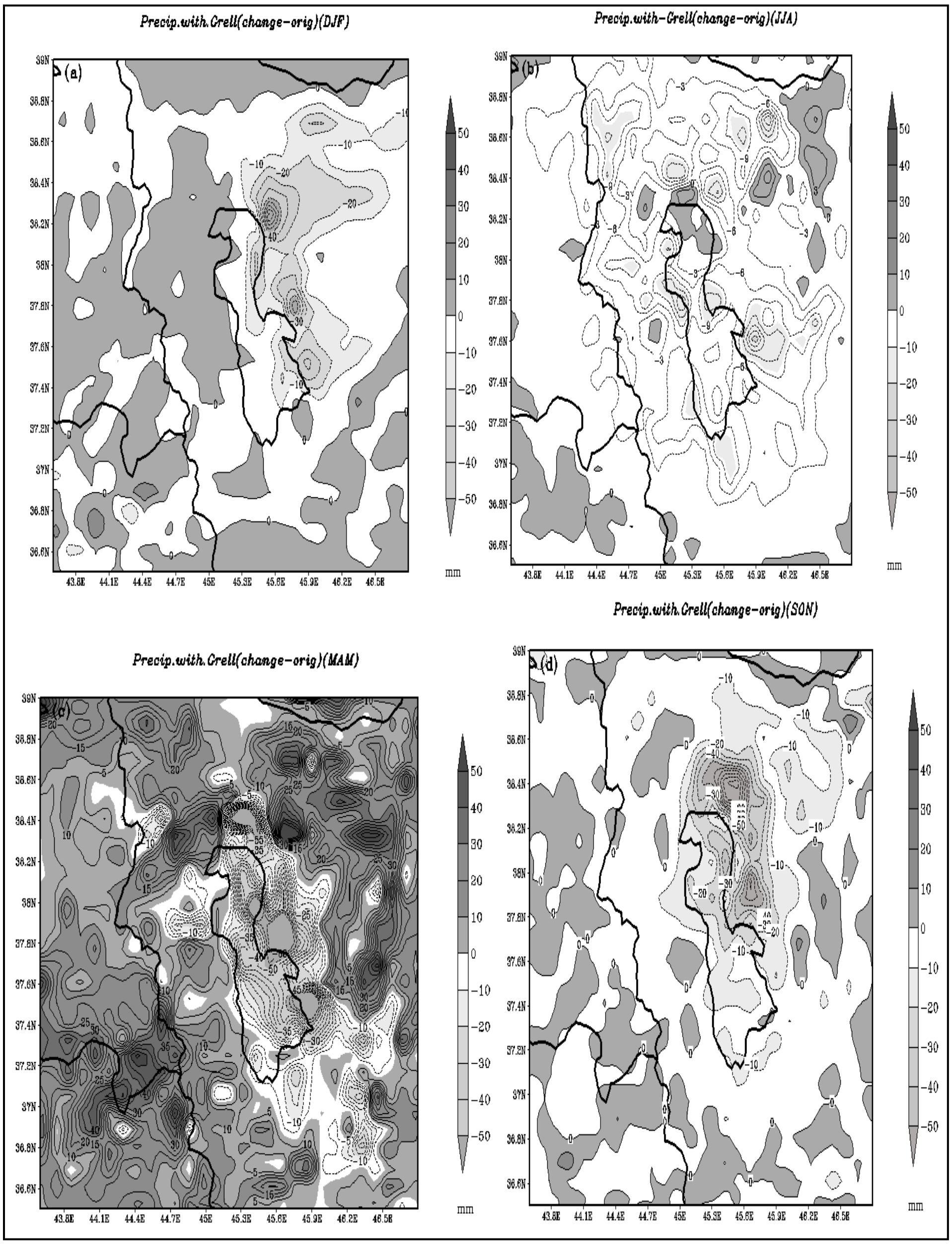
شکل ۱ (a) پوشش سطح زمین در شرایط مرجع. (b) پوشش سطح زمین در شرایط شبیه سازی

٤. بحث و نتایج

برای بررسی اهمیت وجود دریاچه و تاثیر آن در اقلیم منطقه برای یک دوره ۳ ساله (۲۰۰۳–۲۰۰۱) با استفاده از مدل مقیاس منطقه ایRegCM4.3 با طرحواره گرل در شرایط مرجع (با دریاچه) و شبیه سازی(بی دریاچه) اجرا شد. بعد از بررسی نقشه ها، با توجه به توانایی شبیه سازی هرچه بهتر طرحواره گرل، به تجزیه و تحلیل نقشه ها می پردازیم.

از آنجاییکه مجموع بارش روزانه یا ساعتی در یک منطقه، شکل دهنده بارش فصلی و سالانه آن است و از طرف دیگر، نشان دادن روند بارش در مقیاس ریزتر جهت مطالعه دوره های ترسالی و خشکسالی حائز اهمیت است. به بررسی بارش در مقیاس روزانه با استفاده از طرحواره گرل گردید. این طرحواره، دو جریان همرفتی غالب صعودی و نزولی برای ابر در نظر می گیرد. در واقع یکی از طرحواره های قوی برای محاسبه بارش می باشد. در شکل شماره۳ نقشه های اختلاف بارش منطقه برای چهار فصل سال در دوره مذکور، نشان داده شده است. طبق نقشه (a) که اختلاف بارش زمستان را با طرحواره گرل نشان می دهد مشاهده می شود که، مدل اختلاف بارش نیمه شرقی دریاچه را منفی ارزیابی کرده است در واقع نقشه بیانگر آن است که در صورت حذف دریاچه ارومیه نیمه شرقی دریاچه، شاهد کاهش بارش بیشتری خواهد بود. بطوریکه ملاحظه می شود سه هسته کاهش بارش یکی در محدوده شهرستانهای شبستر، تبریز و مرند و هسته دوم در وسط نیمه شرقی دریاچه، شهرستان آذرشهر و درنهایت هسته سوم در جنوب شرقی دریاچه، در شهرستان مراغه مشاهده می¬گردد. بیشینه کاهش بارش در شرایط شبیه سازی در هسته شمال شرقی برروی شهرستان شبستر،مرند و تبریز بسیار بیشتر از دیگر هسته ها می باشد. بطوریکه در صورت حذف دریاچه، تمامی نیمه غربی و شمالی استان آذربایجان شرقی شاهد کاهش بارش خواهند بود. در دیگر نواحی نیز بارش منطقه به صفر خواهد رسید در نهایت می توان گفت بارش فصل زمستان در شرایط شبیه سازی کاهش یافته است. در ادامه به نقشه اختلاف بارش فصل تابستان (b) می رسیم که در این نقشه نیز همانطور که ملاحظه می شود. در شرایط شبیه سازی شاهد کاهش بارش در تمامی منطقه هستیم. با توجه به اینکه نقشه فصل تابستان است و این فصل تنها ۳٪ بارش سالانه را تشکیل می دهد، مقادیر کاهش بارش شبیه سازی شده نیز کم می باشد. کاهش بارش بر روی دریاچه ارومیه و هر دو استان آذربایجان شرقی و غربی به شکل هسته هایی کاهشی و کوچک مشهود است. هسته هایی با خطوط همبارش صفر نیز در نقشه مشاهده می شود که در ضلع شمالی دریاچه و شهرستان کلیبر است با توجه به مقدار آن نیز می توان گفت بطور کلی بارش این فصل نیز در شرایط شبیه سازی کاهش یافته است. در نقشه اختلاف بارش فصل بهار (c)روند بارش را در شرایط شبیه سازی با روند نزولی نشان می دهد. با توجه به نقشه، مدل، بارش فصل زمستان را در تمامی محیط دریاچه منفی شبیه سازی کرده است بطوریکه ملاحظه می شود بارش دریاچه در شرایط شبیه سازی بسیار بیشتر از نواحی اطراف کاهش یافته است بطور کلی نیمه شرقی، جنوبی و شمالی دریاچه نیز شاهد کاهش بارش می باشند. کاهش بارش در فصل بهار بسیار شدیدتر و گسترده تر از فصول دیگر می باشد. نقشه بیانگر آن است که در صورت حذف دریاچه شهرستانهای جلفا، مراغه، تبریز، شبستر، آذرشهر،

مرند و بناب شاهد کاهش بارش هستند. این کاهش بارش در فصل پر بارش بهار برای استانهای آذربایجان شـرقی و غربی تبعات بسیاری را به همراه خواهد داشت تبعات این شرایط متوجه استان آذربایجان شرقی که با توجه به نقشـه حاضر، بیشترین تاثیر را می پذیرد.

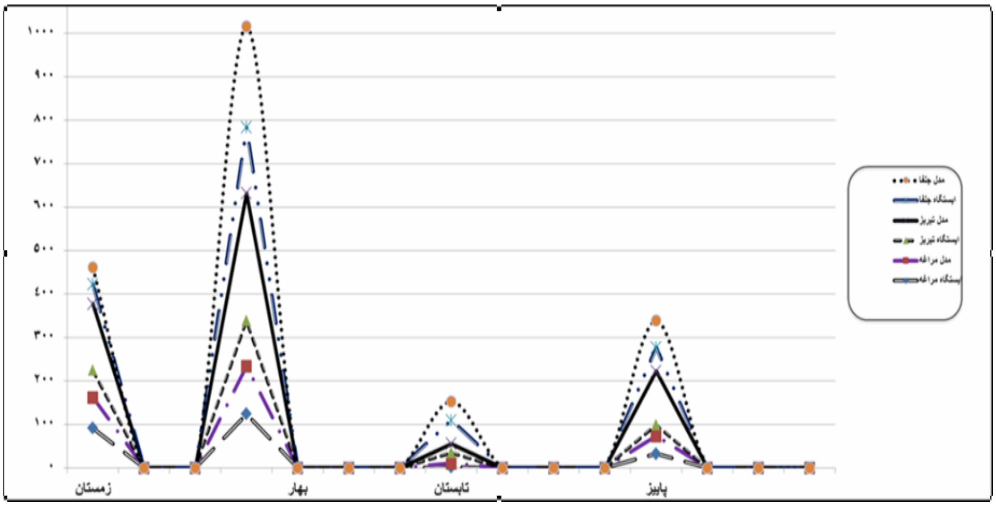


شکل ۳ نقشه اختلاف بارش حاصل از طرحواره گرل. فصل زمستان(a) ، تابستان(b)، بهار (c)، پاییز(d) در دوره ۳ ساله(۲۰۰۳-۲۰۰۱)

در آخر نقشه اختلاف بارش فصل پاییز (d) است که اختلاف بارش این فصل نیز از سیر نزولی برخودار می باشد. بویژه در نیمه شرقی دریاچه ارومیه این کاهش بارش محسوس تر است. هسته کاهش بارش درضلع شمال شرقی دریاچه ارومیه که بر روی شهرستان های جلفا و مرند می باشد بسیار بیشتر و گسترده تر می باشد. هسته ی دیگر این کاهش بارش در کمربند شرقی دریاچه هست که شهرستانهای آذرشهر، اسکو،سهند و تبریز را در بر می گیرد. کاهش بارش در دیگر نواحی دریاچه نیز با شرایط ضعیف تری ملاحظه می شود. گستردگی این کاهش بارش در دور تا دور دریاچه در شرایط حذف دریاچه تمامی شهرستانهای اطراف را درگیر کرده و همچون الگوی فصل بهار، استان آذربایجان شرقی را بیش از پیش متاثر می کند.با توجه به نتایج نقشه های حاصل از طرحواره گرل، می توان گفت این طرحواره توانایی شبیه سازی بارش شمال غرب را داراست .

اعتبار سنجی مدل

در این قسمت، اعتبار سنجی بین خروجی‌های مدل و داده های مشاهداتی در دوره ۳ ساله (۲۰۰۱-۲۰۰۳) مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در این قسمت جدول های بارش سه ایستگاه نمونه جلفا، تبریز و مراغه همراه نمودار و نقشه های آنها ارائه می شود. در نهایت میزان درصد خطا و اریب مدل در قیاس با داده ها ایستگاهی محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت .پس از بررسی و تحلیل مجموع بارش های فصلی ۳ساله(۲۰۰۱-۲۰۰۳) خروجی مدل در شرایط مرجع و شرایط حذف دریاچه و مقایسه آن با بارش های واقعی در دریاچه ارومیه مشخص شد که مدل RegCM4.3 در پیوند با مدل دریاچه توانایی لازم را در شبیه سازی بارش دریاچه ارومیه داراست. اگرچه مدل بارش ها را بیش از واقعیت(بویژه فصل بهار) شبیه سازی نموده است، اما بارش ماهانه شبیه سازی شده توسط مدل انطباق خوبی با بارش ایستگاه های نمونه تبریز، جلفا و مراغه دارد و در واقع مدل RegCM توانسته است روند بارش های ماهانه را با همبستگی بالای ۰/۹ به خوبی شبیه سازی نماید(شکل ٤).



شکل ٤ نمودار خطی توانایی شبیه سازی مدل در ایستگاه های تبریز، جلفا، مراغه در سال ۲۰۰۳

برای این منظور جدول (جدول۱) مجموع بارش ماهانه یک سال ۲۰۰۳ و نمودارهای خطی برای ۳ ایستگاه نمونه تهیه و ترسیم شد. نمودارها بیانگر توانایی بالای شبیه سازی مدل برای دریاچه ارومیه می باشند.

روش بررسی خطاها

به منظور مطالعه درصد خطا و اریب مدل نسبت به داده های ایستگاهی، (بابائیان و همکار، ۱۳۸٦: ٦) فرمولی را ارائه داده اند که با استفاده از آن به مطالعه میانگین درصد خطا و اریب مدل می پردازیم.

$$\mathbf{MBE} = \sum(p_i - o_i)/n \quad (1)$$

$$\mathbf{MPE} = \sum(o_i - p_i/o_i) \times 100/n \quad (2)$$

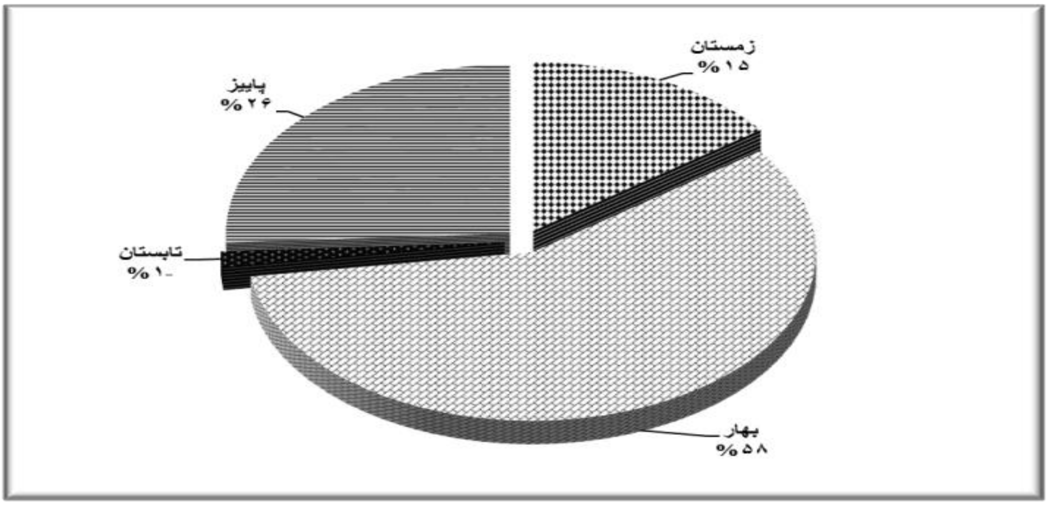
در این فرمول (p_i)در فرمول، مقادیر مدل شده، و (o_i) مقادیر واقعی ایستگاه و (n) تعداد ایستگاه مورد مطالعه می باشد. میانگین درصد خطا (MPE) و اریبی (MBE) داده های مدل در مقایسه با مقادیر دیدبانی شده (جدول ۲)ایستگاههای سینوپتیک کشور با استفاده از دو رابطه ۲ و ۳ و به صورت میانگین منطقه ای محاسبه شدند

جدول ۲ مجموع بارش ایستگاه و خروجی مدل و درصد خطا واریب مدل – سال ۲۰۰۳

	مراغه		تبریز		جلفا		MBE	MPE
	ایستگاه	مدل	ایستگاه	مدل	ایستگاه	مدل		
زمستان	91	71	62	153	45	39	22	-10.9
بهار	124	110	105	293	151	232	85	-22.4
تابستان	1.4	9	24	21	54	43	-2	2.7
پاییز	32.2	41	25	124	55	61	38	-33.8

برای بررسی و ارزیابی خطای هر کدام از اجراها از روش های آماری استفاده شده است. میانگین درصد خطا و اریبی بارش های مدل نسبت به مقادیر دیدبانی شده ایستگاههای سینوپتیک کشوربرای ماههای سال ۲۰۰۳ مورد مطالعه، با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول ۲ آورده شد. بر این اساس کمترین وبیشترین خطا به ترتیب مربوط به طرحواره گرل برای سه ایستگاه مورد بررسی در سال نمونه ۲۰۰۳، ۷,۲ درصد برای فصل تابستان و ۳۳– درصد برای فصل پاییز می باشد . همینطور با توجه به جدول فوق می توان اظهار کرد مدل در شبیه سازی بارش شمال غرب با طرحواره گرل دارای بیشترین اریبی در فصل بهار (۸۵ میلیمتر) و کمترین اریب در فصل تابستان (۲– میلیمتر) بوده است. اریب بسیار بالای مدل در فصل بهار، حاکی از برآورد بیش از حد واقعی مدل نسبت به داده واقعی برای منطقه شمال غرب می باشد.نمودار دایره ای نیز(شکل ۵) بیانگر اریب و توانایی مدل در شبیه سازی بارش منطقه می باشد. بطوریکه فصل زمستان را با ۱۵٪ اریب و فصل بهار با ۵۸٪

همینطور پاییز با ۲۶٪ و در نهایت تابستان را با ۱٪ شبیه سازی کرده است. لازم به ذکر است علت شبیه سازی کم مدل برای فصل تابستان این است که این فصل بطور کلی بارش بسیار کمی (۳٪) را دارا می باشد.



شکل۵ نمودار دایره ای اریبی مدل(تبریز، جلفا، مراغه) در سال ۲۰۰۳

۵. نتیجه گیری

برهمکنش آب و اتمسفر در اقلیم منطقه تاثیر گذار می باشد. با توجه به نقشه های تهیه شده از خروجی مدل، نقشه های بیانگر کاهش بارش در صورت حذف دریاچه ارومیه هستند. بطوریکه نقشه فصل زمستان بیانگر کاهش بارش نیمه شرقی دریاچه می باشد. در این فصل سه هسته در شمال شرق دریاچه در شهرستان شبستر، مرند تا تبریز کشیده شده است کاهش بارش در این شهرستانها در حدود ۱۰ تا ۴۰ میلیمتر است. هسته کاهشی دیگر در شهرستان آذرشهر و مراغه می باشدکه کاهش بارش آن در حدود ۳۰ میلیمتر است و هسته سوم که کوچیکتر نیز هست در شهرستان بناب قرار گرفته است و کاهش بارش آن در حدود ۱۰ میلیمتر است بطور کلی استان آذربایجان شرقی در صورت حذف دریاچه ارومیه شاهد کاهش بارش در فصل زمستان می باشد.کاهش بارش در فصل تابستان نیز در استان آذربایجان شرقی و غربی اتفاق افتاده است. با توجه به کمبود بارش در فصل تابستان ، شاهد بارش در این فصل در حدود ۹-۳ میلیمتر می باشد. در فصل پر بارش منطقه، کاهش بارش در این فصل در حدود ۵۵ تا ۱۰ میلمتر کاهش یافته است. در فصل سرد پاییز نیز شمال شرق دریاچه در حدود ۶۰ میلیمتر کاهش بارش را نشان می دهد و هسته دیگر تبریز در حدود ۴۵ میلیمتر از سیر نزولی بارش برخوردار می باشد. در واقعه بیشترین کاهش بارش را در فصل پاییز شاهد هستیم و بعد از آن در فصل بهار، که در هر دو فصل کاهش بارش در نیمه شرقی دریاچه مشهودتر می باشد

محاسبه درصد خطا و اریب مدل، برای اعتبار سنجی و تشخیص توانایی شبیه سازی آن، بیانگر بیشترین درصد خطا در فصل تابستان (۲,۷) و کمترین آن برای فصل پاییز(۳۳-) می باشد. محاسبه اریب آن نیز حاکی از کمترین میزان در فصل تابستان(۲ میلیمتر) و بیشترین میزان برای فصل بهار(۸۵ میلیمتر) می باشد.

در نهایت می توان اذعان کرد، شبیه سازی مدل (شکل ۳) در فصل بهار بـرای هـر سـه ایسـتگاه بیشـتر از آمـار ایستگاه ها برای سال نمونه ۲۰۰۳ بوده است بطور کلی پیش بینی مدل از شبیه سازی بارش هـر سـه ایسـتگاه کمـی بیشتر از داده های ایستگاهی است. با این وجود مدل به طور قابل قبولی توانایی شبیه سازی بـارش شـمال غـرب را داشته است. و بیانگر کاهش بارش در صورت حذف دریاچه ارومیه برای منطقه می باشد. کـه کـاهش بـارش بـرای استان آذربایجان شرقی اثرات بیشتری را با توجه به موقعیت قرار گیری منطقه و در مسیر بادهای غربی بودن استان و جهت وزش بادهای غربی (از غرب به شرق)، به همراه دارد. با توجه به اینکه این منطقه محل ورود سیسـتم جـوی می باشد بخصوص سیستم های مدیترانه ای و برون حاره ایی، که بارش فصل سرد سال را در منطقه تامین می کنند، و وزش بادهای غربی که از غرب به شرق به منطقه می وزند و همچنین ارتفاع بالای و کوهستانی بودن منطقه و تاثیر پررنگ بارش همرفتی در هر دو استان، دلیل اثر بیشتر دریاچه بر نیمه شرقی آن روشن و واضح می شود. بطور کلـی شهرستانهای نیمه غربی استان آذربایجان شرقی تاثیر قابل توجهی در اقلیم خـود در صـورت خشـک شـدن دریاچـه ارومیه مشاهده می کنند.

کتابنامه

آیرملو، نورالدین، خاکی ترابی، احمد ١٣٨٤، مقایسه عوامل متوسط درازمدت دریاچه ارومیه با سال هـای آبـی تـر و خشک، تحقیقات منابع آب ایران، سال اول، شماره ۳ ، ۸۰-۷۸.

بابائیان، ایمان و کریمیان، مریم ومدیریان، راحله و حبیبی نوخندان، مجید، ١٣٨٦، شبیه سـازی بـارش ماههـای سـرد سال‌های ١٣٧٦ و ١٣٧٩ با استفاده از مدل اقلیمیRegCM3 ، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۷۲-۵۵.

پروین، نادر، ١٣٨٩، مطالعه تغییر اقلیم نیم قرن اخیر با تاکید بر منطقه شمال غرب ایران، مجموعه مقـالات چهـارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، صص ۱۲-٤..

چرب گو،توحید و چرب گو، اکبر، ١٣٨٩، پیامدهای منفی سد سازی در حوضه آبریز دریاچـه ارومیـه و تـأثیر آن در خشک شدن دریاچه ارومیه، پنجمین همایش ملی زمین شناسی و محیط زیست.

حسن زاده، یوسف،١٣٩٠، مطالعه رفتار هیدرودینامیکی دریاچه ارومیه و اثرات آن در سواحل مجاور، همـایش ملـی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست ،تبریز، صص٥-٣.

رحیمی خوب، علی وکوچک زاده، مهدی و ولی سامانی، جمال محمد و شریفی، فرود، ۱۳۸٤، ارزیابی چنـد روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه، فصـلنامه پـژوهش وسازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ٦٨، ٩٠-٨٤

دلاور، مجید و مرید، سعید وشفیعی فر، مهدی ، ۱۳۸۷، شبیه‌سازی، تحلیل حساسیت و عدم قطعیـت تغییـرات تـراز آب دریاچه ارومیه نسبت به مولفه‌های بیلان آبی آن، مجله هیدرولیک، ۳ (۱)، ٥٥-٤٥.

زاهدی، مجید و قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۷، شناخت طبقه بندی و پـیش بینـی خشکسـالی بـا اسـتفاده از روش سری‌های زمانی منطقه مطالعاتی حوضه ی آبریز دریاچه ارومیه، فضای جغر افیایی، ٦، ٤٨-١٩.

Delju, A. H., Ceylan, A., Piguet, E., and Rebetez, M. (2013). “Observed climate variability and change in Urmia Lake Basin, Iran.” *Theoretical and Applied Climatology*, 111, 285-296..

Elguindi, N., & Giorgi, F. (2003). Simulating multi-decade variability of Caspian sea level changes using regional Climate Model outputs. *Climate Dyn*, *26*, 176-181.

Elguindi, N., & Giorgi, F. (2006). Simulating multi-decade variability of Caspian sea level changes using regional Climate Model outputs. *Climate Dyn*, *26*, 176-181.

Elguindi, N., Bi, X., Giorgi, F., Nagarajan, B., Pal, J., & Solmon, F. (2004). RegCM Version 3.0, User's Guide Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M.,Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Leetmaa ,A., Reynolds, B., Chelliah, M.,Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Jenne, R., & Joseph, D. (1996). The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *77*, 437-472.

Rahimi khoob, A., Kochakzadeh, A., Samani, M .V., & Sharifi, J. (2005). Estimating maximum daily temperature using NOAA satellite images case study in Urmia lake basin. *Pajouhesh & Sazandegi Quarterly*, *68*, 84-90.